

416 Rec'd PCT/PTO 22 MAR 2000

РЕНТГЕНОПОГЛОЩАЮЩИЙ МАТЕРИАЛ (ВАРИАНТЫ).**Область техники**

5 Изобретение относится к рентгеноконтрастным и рентгенозащитным материалам и может быть использовано в медицине: в рентгеновской аппаратуре, предназначенной для диагностики и обследования больных, в частности для наблюдения за состоянием эндопротезов, внутренних хирургических швов, для контроля состояния послеоперационного поля с целью
10 исключения вероятности оставления в организме больного хирургической салфетки, тампона или инструментария, для обозначения мест облучения при радиотерапии и т.д., а также при изготовлении защитной спецодежды (фартуков, халатов, жилетов, шапочек и т.п.), защитных экранов, перегородок, защитных покрытий, изоляционных материалов и т.п.

15

Предшествующий уровень техники.

Известен рентгенопоглощающий материал, например по патенту Швеции № 349366, 1960г., включающий искусственную шелковую нить из вискозы, содержащую в виде механической примеси от 15 до 65 мас.% сульфат бария (BaSO_4), однако введение последнего в текстильную основу материала
20 приводит к резкому уменьшению его прочности.

Известны рентгенопоглощающие материалы, выполненные, например, в виде нитей, в которых в качестве рентгеноконтрастных примесей, вводимых в полимерную композицию, используют окись висмута, коллоидальное серебро, производные йода (см. рентгенопоглощающие материалы, описанные например,
25 в автореферате . к.т.н. Витульской А.В. "Получение и исследование синтетических волокон с включенными при формировании антимикробными и рентгеноконтрастными препаратами" Л. 1974г.).

Однако, исследование свойств текстильной основы с такими примесями
30 показали, что из-за нарушения однородности структуры волокна, обусловленного негативным влиянием частиц контрастирующей примеси, происходит ухудшение физико-механических свойств волокон и нитей на их

основе, текстильная основа с этими примесями имеет невысокую прочность, что ограничивает область их применения.

Известен рентгенопоглощающий материал, например по а.с. Болгарии № 36217, 1980г., выполненный в виде нити, содержащей рентгенопоглощающее покрытие из "тяжелых" металлов, нанесенное, например, посредством осаждения в растворах соответствующих солей. Этот материал в отличие от рассмотренных выше обладает более высокими механическими характеристиками, т.к. нанесение покрытия осаждением "тяжелых" металлов из раствора практически не влияет на механические характеристики исходного материала. Однако малая толщина покрытия обуславливает пониженные рентгеноконтрастные и рентгенозащитные свойства. Кроме того, слабая адгезия рентгенопоглощающего покрытия к исходному материалу после стирки, чистки и т.п. приводит к резкому снижению рентгеноконтрастных и рентгенозащитных свойств.

Известен рентгенопоглощающий материал по а.с. СССР № 1826173, А61В 17/56, 17/00, 1980г., который, обладая достоинствами материала, выполненного в виде нити, содержащей рентгенопоглощающее покрытие из «тяжелых» материалов, лишен его недостатков, благодаря тому, что рентгенопоглощающее покрытие выполнено из ультрадисперсных частиц (УДЧ) с размерами $10^{-6} \dots 10^{-7}$, обладающими свойством аномально сильно ослаблять рентгеновское излучение, в соответствии с "Явлением аномального ослабления рентгеновского излучения ультрадисперсными средами", [. диплом № 4 Российской академии естественных наук на открытие с приоритетом от 7.05.1987.]. В этом материале мелкодисперсная смесь металлсодержащего элемента размером $10^{-6} - 10^{-7}$ м зафиксирована на поверхности нити, т.е. на поверхности текстильной основы. Однако использование мелкодисперстной смеси только в диапазоне ультрадисперсных частиц (от 10^{-6} до 10^{-7} м), которые являются химически и физически активными, пиррофорными, технологически затруднено, т.к. требуют особых условий при изготовлении, транспортировке, хранении, технологическом использовании..

В результате недавно сделанного открытия в области физики полидисперсных сред под названием "Явление аномального изменения

интенсивности потока квантов проникающего излучения моно- и многоэлементными средами" [. диплом № 57 Российской академии естественных наук на открытие с приоритетом от 19.09.1996г.] установлено, что полидисперсные среды при обеспечении определенной дисперсности частиц и их сегрегации путем перемешивания также проявляют способность аномально сильно ослаблять рентгеновское излучение, что обусловлено самоорганизацией полидисперсных частиц размером от тысячных долей до сотен микрометров в энергетически взаимосвязанные рентгенопоглощающие ансамбли. (Под сегрегацией полидисперсной смеси понимают неравномерно распределение частиц полидисперсной смеси, вызываемое перемешиванием смеси, вследствие самоорганизации частиц в систему энергетически взаимосвязанных ансамблей, обеспечивающих увеличение сечения фотопоглощения). При этом общеизвестно, что использование полидисперсных смесей из частиц размером от 10^{-9} до 10^{-3} м в современных технологиях не требует никаких специальных ограничений и не вызывает технологических затруднений при изготовлении, транспортировке, хранении и использовании.

Известен рентгенопоглощающий материал, включающий, например, резино-вую матрицу с зафиксированным рентгенопоглощающим наполнителем по патенту США № 3239669, 1966 г. При этом в качестве наполнителя могут быть использованы рентгенопоглощающие элементы в виде свинца, висмута, серебра, вольфрама. Основным недостатком такого материала является снижение в 2-3 раза прочностных свойств материала из-за негативного влияния частиц поглощающего наполнителя, нарушающих однородную структуру исходной полимерной массы..

Известны другие рентгенопоглощающие материалы, которые включают матрицу с зафиксированным рентгенопоглощающим наполнителем либо, например, в виде золотых туб по патенту США № 2153889, 1939 г., либо, например, в виде проволоки из сплавов, содержащих серебро, висмут, тантал, скрепленной с матрицей в виде текстильной нити путем переплетения по патенту США № 3194239, 1965 г..

Материалы, включающие матрицу с зафиксированным рентгенопоглощающим наполнителем в виде проволоки из сплавов,

содержащих серебро, висмут, тантал, скрепленной с матрицей в виде текстильной нити путем переплетения, с точки зрения прочности более предпочтительны, чем материалы по патенту США № 2153889, однако обладают более низкими пластичными свойствами, что во многих случаях недопустимо.

Известны материалы, защищающие от воздействия рентген- и гамма-излучения, включающие тяжелые наполнители, наиболее распространенным из которых является, например, свинец [статья "Технический прогресс в атомной промышленности". сер. "Изотопы в СССР", 1987, вып. 1(72), с.85.]. Из-за больших отличий плотности наполнителя (например, свинца) и матрицы (например, бетона, полимеров и т.п.) наполнитель (свинец) распределяется по объему матрицы неравномерно, что приводит к снижению рентгенопоглощающих свойств материала в целом.

Известен рентгенопоглощающий материал, например, на основе полистирольной полимерной матрицы и свинецсодержащего органического наполнителя по патенту Великобритании № 1260342, G 21 F 1/10, 1972 г.. Этот материал обладает тем же недостатком, что свинецсодержащие наполнители материалы, описанные в статье «Технический прогресс в атомной промышленности». сер. "Изотопы в СССР", 1987, вып. 1(72), с.85., который заключается в неравномерном распределении тяжелого рентгенопоглощающего наполнителя в матрице, материал которой имеет значительно меньшую плотность, чем материал наполнителя.

Наиболее близким к предполагаемому изобретению является рентгенопоглощающий материал, включающий матрицу с зафиксированным рентгенопоглощающим металлосодержащим наполнителем в виде дисперсных частиц по патенту РФ № 2063074 G21 F 1/10, 27.06.96 (прототип). Недостатки этого материала заключаются в том, что введение в текстильную основу свинецсодержащего рентгенопоглощающего наполнителя приводит к уменьшению прочности материала из-за нарушения однородной структуры текстильной основы, а это, в свою очередь, ограничивает возможность его использования для изготовления всевозможных защитных средств. Материал на основе нити со свинецсодержащим наполнителем нельзя использовать в

качестве рентгеноконтрастного материала в медицинской радиологии из-за токсичности свинца. Кроме того, на основе материала - нити, например аналога, описанного в патенте РФ № 2063074 невозможно создать эффективную компактную защиту от рентген- и гамма- излучения., т.к., в данном случае для использования этого материала - нити необходимо применять специальную технологию плотной многослойной машинной вязки для изготовления защитной ткани многоцелевого назначения. Но при этом, т. к. ослабление узкого пучка квантов слоем материала толщиной x происходит по экспоненциальному закону, согласно закономерности, описанной в книге Воробьев В.А., Голованов Б.Е., Воробьева С.И. Методы радиационной гранулометрии и статистического моделирования в исследовании структурных свойств композиционных материалов. М. Энергоатомиздат, 1984г., происходит ослабление интенсивности излучения:

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (1)$$

где:

I - интенсивность излучения, прошедшего слой вещества толщиной x ;

I_0 - интенсивность падающего излучения;

μ - линейный коэффициент ослабления (табличная регламентированная величина для каждого рентгенопоглощающего материала).

Недостаток прототипа заключается также в высоком процентном содержании металлосодержащего наполнителя в общем объеме рентгенопоглощающего материала (66 - 89%), что приведет к увеличению массы рентгенопоглощающего материала в целом. Указанный недостаток прототипа, с одной стороны, ведет к повышенному расходу металлосодержащего поглощающего наполнителя и удорожанию производства материала в целом, а с другой стороны, изделия из такого материала получаются тяжелыми, неудобными в эксплуатации.

К недостаткам прототипа, как и вышеуказанных аналогов, относится и неравномерное распределение тяжелого наполнителя в объеме матрицы.

Раскрытие изобретения.

Основной задачей при создании рентгенопоглощающих (т.е. рентгеноконтрастных и рентгенозащитных) материалов является:

исключение токсичности рентгеноконтрастного материала,

5 снижение массы и толщины защитного материала.

Исключение токсичности достигается путем применения нетоксичных наполнителей (например, вольфрама). Создание же компактной защиты с уменьшенной толщиной защитного материала при сохранении рентгенопоглощающих свойств (т.е. степени ослабления рентген- и гамма-излучения) ведет к возрастанию массы защитного слоя материала из-за использования "тяжелых" рентгенопоглощающих наполнителей, т.е. наполнителей имеющих высокую плотность. И наоборот, при сохранении рентгенопоглощающих свойств снижение плотности защитного материала влечет за собой необходимость увеличения его толщины.

15 Проиллюстрируем это положение на примере рентгенопоглощающего материала в виде защитной ткани (например, защитного фартука рентгенолога), которая обеспечивает защиту, характеризуемую коэффициентом ослабления $K=100$. Из выражения (1) имеем:

20
$$K = I_0/I = e^{\mu x} = 100,$$

откуда

$$x = \ln K / \mu = 4,6 / \mu. \quad (2)$$

Для примера сравним характеристики тканей на основе нитей с известными наполнителями в виде несегрегированных дисперсных частиц свинца (Pb) и вольфрама (W). Размер в плане для сравниваемых тканей был принят 10 x 10 см. Остальные исходные данные для сравнения приведены в табл.1.

Таблица 1

Исходные данные для сравнения

Материал частиц наполнителя	Линейный коэффициент ослабления, μ , см^{-1} *)	Плотность материала частиц, ρ г/см^3
Pb	40,3	11,34
W	50,1	18,7

*) Примечание: источник излучения - рентгеновская трубка, энергия 60 КЭВ.

5 Из выражения (2) для данных табл.1 получаем значения толщины x для тканей из нитей с наполнителем из :

Pb - 0,11 см; W - 0,09 см.

Соответственно масса таких защитных тканей объемом $10 \times 10 \times X$ будет:

10 Pb - 124,74 г; W - 168,3 г.

Если принять массу защитной ткани на основе Pb за 1, то (при равных защитных свойствах и равных размерах) массы тканей на основе нитей с наполнителями из Pb и W будут относиться, как 1:1,35.

15 Таким образом, используя прототип и известные аналогичные технические решения, одновременного снижения толщины и массы защитного материала достичь невозможно.

В соответствии с настоящим изобретением эти цели достигаются средствами, указанными в отличительной части самостоятельных пунктов
20 формулы изобретения.

По первому варианту рентгенопоглощающего материала, включающего матрицу с зафиксированным рентгенопоглощающим металлосодержащим наполнителем, в качестве наполнителя используют сегрегированную путем
25 перемешивания полидисперсную смесь, включающую частицы металла с размерами 10^{-9} - 10^{-3} м, а в качестве матрицы используют текстильную основу, при этом частицы зафиксированы на поверхности последней, а плотность рентгенопоглощающего материала в целом при одинаковых его

рентгенопоглощающих свойствах с материалом частиц рентгенопоглощающего наполнителя регламентирована соотношением:

$$\rho_n = (0,01 - 0,20)\rho_{\text{ч}},$$

- 5 где ρ_n - плотность рентгенопоглощающего материала в целом;
 $\rho_{\text{ч}}$ - плотность материала частиц рентгенопоглощающего наполнителя.

По второму варианту рентгенопоглощающего материала, включающего матрицу с зафиксированным рентгенопоглощающим металлосодержащим
10 наполнителем в виде дисперстных частиц, в качестве наполнителя используют сегрегированную путем перемешивания полидисперсную смесь, включающую частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м, охваченных объемом матрицы, выполненной из отверждающегося при атмосферном давлении по меньшей мере одного компонента или композиции на его основе, при этом общая масса
15 сегрегированной полидисперсной смеси из частиц рентгенопоглощающего наполнителя регламентирована соотношением

$$M = (0,05 - 0,5) m,$$

где :

М - общая масса сегрегированной полидисперсной смеси из частиц
20 рентгенопоглощающего наполнителя;

 m - эквивалентная масса материала рентгенопоглощающего наполнителя, равная по защитным свойствам массе М.

По третьему варианту рентгенопоглощающего материала, включающего
25 матрицу с зафиксированным рентгенопоглощающим металлосодержащим наполнителем в виде дисперсных частиц, что в качестве наполнителя используют сегрегированную путем перемешивания полидисперсную смесь, включающую частицы размером 10^{-9} - 10^{-3} м, зафиксированных на промежуточном носителе, охваченном объемом матрицы, выполненной из
30 отверждающегося при атмосферном давлении по меньшей мере одного компонента или композиции на его основе.

В качестве промежуточного носителя используют текстильную основу.

В качестве промежуточного носителя используют минеральное волокно.

Приведенные выше признаки, относятся к группе изобретений, связанных единым авторским замыслом, причем эту группу изобретений составляют объекты одного вида и одинакового назначения, обеспечивающие получение одного и того же технического результата - исключение токсичности рентгеноконтрастного материала, и снижение массы и толщины защитного материала, что является необходимым условием для изобретения, представленного вариантами.

Варианты осуществления изобретений.

В первом варианте рентгенопоглощающего материала выполнение наполнителя в виде сегрегированной путем перемешивания полидисперсной смеси, включающей частицы металла с размерами 10^{-9} - 10^{-3} м., обеспечивает у используемого рентгенопоглощающего наполнителя проявление качественно нового эффекта - повышение сечения взаимодействия рентгеновского и гамма-излучения с веществом. Благодаря этому, достигается повышение удельных характеристик рентгенопоглощения предлагаемого рентгенопоглощающего материала.

Использование полидисперсных смесей в качестве наполнителя широко применяется в рентгенопоглощающих материалах, описанных, например, в патентах РФ №№ 2063074, 2029399, где используются несегрегированные частицы с размерами 10^{-6} - 10^{-3} м. Однако в этих материалах этот признак используется для достижения более однородного распределения рентгенопоглощающего наполнителя на поверхности или в объеме матрицы.

В предлагаемом по изобретению рентгенопоглощающем металлосодержащем материале сегрегированная путем перемешивания полидисперсная смесь обеспечивает у используемого рентгенопоглощающего наполнителя не только более однородное распределение на поверхности и в объеме матрицы, но и проявление качественно нового эффекта - повышение сечения взаимодействия рентгеновского и гамма излучения с веществом.

У известного материала-аналога по а.с. СССР № 1826173 мелкодисперсная смесь металлосодержащего элемента размером $10^{-6} \dots 10^{-7}$ зафиксирована на поверхности текстильной основы. В отличие от этого материала-аналога в предлагаемом изобретении используется полидисперсная смесь из частиц с размерами в широком диапазоне от 10^{-9} до 10^{-3} м., при этом частицы указанного диапазона размеров находятся в общей смеси, вследствие чего работа с такой смесью в обычных, естественных условиях не вызывает никаких технологических затруднений, т.е. такая смесь не проявляет физической и химической активности, в частности, не проявляет пирофорных свойств.

Использование в предлагаемом изобретении сегрегированной путем перемешивания смеси, включающей частицы металла в диапазоне $10^{-9} - 10^{-3}$ м позволяет получить качественно новый эффект по сравнению с материалом-аналогом по а.с. СССР № 1826173, а именно - получить у материала те же аномальные рентгенопоглощающие свойства.

Наряду с этим, у материала-аналога по а.с. № 1826173 дисперсные частицы зафиксированы также на поверхности нити, т.е. на поверхности текстильной основы. Однако в предлагаемом изобретении в качестве текстильной основы может быть использована не только нить, но и отдельные филаменты, т.к. понятие текстильная основа включает и нить, и филаменты. В случае же покрытия рентгенопоглощающим наполнителем (да еще в виде сегрегированной путем перемешивания полидисперсной смеси с самоорганизацией полидисперсных частиц в энергетически взаимосвязанные энергопоглощающие ансамбли) согласно изобретению отдельных филамент с последующим скручиванием их в нить последняя будет обладать по сравнению с материалом-аналогом по а.с. . № 1826173 удельными характеристиками рентгенопоглощения на качественно новом, более высоком уровне.

Так использование в качестве матрицы текстильной основы с фиксированием на ее поверхности сегрегированных частиц рентгенопоглощающего металлосодержащего наполнителя, обеспечивает получение качественно нового (отличного от прототипа) эффекта, выражающегося более высокими рентгенопоглощающими свойствами

материала, характеризующимися резко повышенными удельными характеристиками рентгенопоглощения.

У материала-аналога по а.с. № 1826173 предусмотрено выполнение рентгенопоглощающего покрытия поверхности матрицы-нити. В предлагаемом
5 рентгенопоглощающем материале в качестве матрицы используют текстильную основу, могущую представлять собой, как было указано выше, не только нить в целом, но и множество отдельных филамент, из которых состоит нить. Нить, свитая из отдельных покрытых рентгенопоглощающим наполнителем филамент, обладает намного более высокими рентгенопоглощающими
10 свойствами, чем нить, у которой рентгенопоглощающим наполнителем покрыта лишь ее открытая поверхность (а не поверхность каждой филаменты, как у предлагаемого материала). Кроме того, поверхность каждой филаменты покрыта сегрегированными путем перемешивания дисперсными частицами, в результате чего последние оказываются самоорганизованными в энергетически
15 взаимосвязанные рентгенопоглощающие ансамбли, а это, в свою очередь, резко повышает удельные характеристики рентгенопоглощения.

Выполнение рентгенопоглощающего материала в целом при одинаковых его рентгенопоглощающих свойствах с материалом частиц
20 рентгенопоглощающего наполнителя, плотность которого регламентирована соотношением:

$$\rho_n = (0,01 - 0,20) \rho_{\text{ч}},$$

где ρ_n - плотность рентгенопоглощающего материала в целом;

$\rho_{\text{ч}}$ - плотность материала частиц рентгенопоглощающего
25 наполнителя,
позволяет (по сравнению с прототипом) получить качественно новый эффект - одновременное снижение толщины и плотности защитного материала.

Одновременное снижение толщины и плотности защитного материала, сотканного, например, из рентгенопоглощающей нити, позволяет преодолеть
30 основное противоречие при создании эффективной компактной защиты от рентген- и гамма- излучения. Плотности защитных материалов в виде нити и производных от них тканей, согласно изобретению, в зависимости от заданных

технических условий могут составлять при верхнем пределе 0,01, а при нижнем пределе - 0,2 от плотности материала частиц рентгенопоглощающего наполнителя. Если принять массу рентгенопоглощающего материала (в нашем случае - защитной ткани на основе нити согласно изобретения) за 1, то при равных защитных свойствах и равных размерах сравниваемых защитных тканей с тканью на основе предлагаемой нити для условий (табл.1) соотношение по массам будет таким, как указано в табл.2.

Таблица 2

Сравнительное соотношение по массам тканей при одинаковых защитных свойствах (с учетом данных табл.1)

Относительные пределы колебания соотношения плотности ткани из предлагаемого материала и плотности материала частиц рентгенопоглощающего наполнителя	Ткань из предлагаемого материала	Ткань из нитей с наполнителем в виде несегрегированных частиц из Pb	Ткань из нитей с наполнителем в виде несегрегированных частиц из W
Верхний предел (0,01)	1	198	267
Нижний предел (0,2)	1	9,9	13,35

Таким образом, по сравнению с защитными тканями на основе нитей с наполнителями в виде несегрегированных частиц из Pb и W при использовании известных традиционных технических решений предлагаемый рентгенопоглощающий материал (ткань) будет иметь меньшую массу (при всех остальных равных физико-технических параметрах) от 9,9 до 267 раз. Это качественно новый эффект.

Следовательно, по сравнению с прототипом предлагаемый рентгенопоглощающий материал при полном отсутствии токсичности обеспечивает высокую прочность, равную прочности текстильной основы до

нанесения рентгенопоглощающего покрытия и аномально высокие рентгенопоглощающие свойства при низкой плотности.

Во втором варианте рентгенопоглощающего материала использование в качестве наполнителя сегрегированной путем перемешивания полидисперсной смеси, включающей частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м (как было описано выше) обеспечивает у используемого рентгенопоглощающего наполнителя проявление качественно нового эффекта - повышение сечения взаимодействия рентгеновского и гамма-излучения с веществом.

Размещение полидисперсной смеси, включающей частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м в объеме матрицы, выполненной из отверждающегося при атмосферном давлении по меньшей мере одного компонента или композиции на его основе, исключает разрушение образовавшихся при перемешивании энергетических рентгенопоглощающих ансамблей из сегрегированной полидисперсной смеси частиц рентгенопоглощающего элемента и способствует самоорганизации энергетических рентгенопоглощающих ансамблей.

В качестве матрицы может быть использован неорганический клей типа водного раствора силиката натрия и калия или водной суспензии композиций, содержащих окислы щелочных и щелочноземельных металлов, и композиции на его основе.

В качестве матрицы могут быть использованы природные полимеры типа коллагена, альбумина, казеина, камеди, древесной смолы, крахмала, декстрина, латекса, натурального каучука, гуттаперчи, зеина, соевого казеина и композиции на их основе.

В качестве матрицы могут быть использованы синтетические полимеры типа полиакрилатов, полиамидов, полиэтиленов, полиэфиров, полиуретанов, синтетических каучуков, фенол-формальдегидных смол, карбомидных смол, эпоксидных смол и композиции на их основе.

В качестве матрицы могут быть использованы элементоорганические полимеры типа кремний - органических полимеров, борорганических полимеров, металлоорганических полимеров и композиций на их основе.

В качестве матрицы могут быть использованы газонаполненные пластмассы типа пенопластов и поропластов.

В качестве матрицы могут быть использованы растительные масла или олифы.

5 В качестве матрицы могут быть использованы растворы пленкообразующих веществ типа масляных, алкидных, и эфиоцеллюлозных лаков.

В качестве матрицы могут быть использованы водные дисперсии полимеров типа эмульсионных красок.

10 В качестве матрицы могут быть использованы бетон, гипс и т.д.

Использование матрицы отверждающегося компонента в предлагаемом изобретении в отличие от материала-прототипа по патенту Р. Ф. № 2063074 реализуется при атмосферном давлении, т.е. в естественных условиях, а не при давлении 150 МПа, как у прототипа. По сравнению с защитными резинами, описанными в патентах Р.Ф.; № № 2077745, 2066491, 2069904, которые после приготовления смеси вулканизируют под давлением, в предлагаемом изобретении смесь не подвергают воздействию давления, что исключает разрушение образовавшихся при перемешивании энергетических рентгенопоглощающих ансамблей из сегрегированной полидисперсной смеси частиц рентгенопоглощающего элемента. Имеет место то же отличие предлагаемого изобретения и от материала-аналога по а.с.. СССР № 834772, в котором получение рентгенозащитного материала осуществляется при давлении 150-200 кг/см².

25 В материале-аналоге по патенту США № 3194239 в отличие от предлагаемого изобретения используют спрессованные таблетки из предварительно измельченных ЖМК (железомарганцевых конкреций) в качестве рентгенопоглощающего наполнителя. Воздействие давления на наполнитель материала- аналога по патенту Р.Ф. № 2029399 также приводит к невозможности самоорганизации энергетических рентгенопоглощающих ансамблей, которая имеет место в предлагаемом изобретении. Таким образом, использование в качестве матрицы отверждающегося при атмосферном

30

давлении по меньшей мере одного компонента или композиции на его основе в предлагаемом изобретении по сравнению с материалом-прототипом по патенту РФ № 2063074 7. и материалами-аналогами по патентам РФ №№2029399, 2077745, 2066491, 2069904 имеет существенные отличия в части функциональных свойств.

Выполнение условия, при котором общая масса сегрегированной полидисперсной смеси из частиц рентгенопоглощающего наполнителя регламентирована соотношением

$$M = (0,05 - 0,5) m,$$

где : M - общая масса сегрегированной полидисперсной смеси из частиц рентгенопоглощающего наполнителя;

m - эквивалентная масса материала рентгенопоглощающего наполнителя, равная по защитным свойствам массе M ,

позволит во втором варианте рентгенопоглощающего материала в зависимости от конкретных технических условий и при сохранении степени ослабления рентгеновского и гамма-излучения снизить массу известных рентгенопоглощающих наполнителей в защитных материалах от 2-х до 20-ти раз.

Основной задачей при конструировании защиты от рентген- и гамма-излучения можно считать снижение массы и толщины защиты. Однако создание компактной защиты с уменьшенной толщиной слоя ведет к возрастанию массы защитного слоя из-за использования известных тяжелых наполнителей и, наоборот, сохранение степени ослабления рентген- и гамма-излучения при снижении плотности материала влечет за собой необходимость увеличения толщины защиты. В этом заключается основное противоречие при создании эффективной компактной защиты от рентген- и гамма-излучения, поскольку одновременного снижения толщины и массы рентгенопоглощающего материала практически невозможно достичь для известных, применяемых для защиты, рентгенопоглощающих наполнителей. Это противоречие требует компромиссного подхода к выбору толщины и массы защиты с учетом ее стоимости.

Рассмотрим эту проблему на примере наиболее употребительного материала для защиты от гамма - излучения - бетона. Плотность различных видов обычного портландского бетона, содержащего цемент в виде связующего и кремневую гальку, гравий, кварцевый песок и тому подобные минеральные 5 заполнители, составляет $2,0 - 2,4 \text{ г/см}^3$, а линейный коэффициент ослабления гамма-излучения составляет $0,11 - 0,13 \text{ см}^{-1}$ (для энергий $1 - 2 \text{ МэВ}$). Защита из бетона с такой плотностью довольно громоздка и должна иметь значительную толщину. Бетон, содержащий цемент - связующее, песок - заполнитель и галенит - рентгенопоглощающий наполнитель в соотношении $1: 2: 4$ имеет 10 плотность $4,27 \text{ г/см}^3$, а линейный коэффициент ослабления у него составляет $0,26 \text{ см}^{-1}$ (для энергий $1,25 \text{ МэВ}$). Бетон, содержащий цемент-связующее, песок-заполнитель и свинец - рентгенопоглощающий наполнитель в соотношении $1: 2: 4$ имеет плотность $5,9 \text{ г/см}^3$, а линейный коэффициент 15 ослабления у него составляет $0,38 \text{ см}^{-1}$ (для энергий $1,25 \text{ МэВ}$). Защита из бетона с заполнителем в виде свинца (свинцовой дробь) или галенита более компактна, но она на порядок дороже обычных бетонов.

Решить проблему, связанную с преодолением противоречия при выборе 20 толщины и массы защиты с учетом ее стоимости, но лишь на политативном уровне, позволяет такой рентгенопоглощающий наполнитель, как барит BaSO_4). Баритовый бетон, содержащий в качестве заполнителей песок и гравий, а в качестве рентгенопоглощающего наполнителя - барит, имеет плотность $3,0 - 3,6 \text{ г/см}^3$, а линейный коэффициент ослабления у него составляет $0,15 - 0,17 \text{ см}^{-1}$ (для энергий $1,25 \text{ МэВ}$). Однако общая масса защиты из баритового бетона для 25 данной энергии гамма - квантов остается значительной, что вызывает серьезные трудности при сооружении защиты, особенно защиты транспортных установок.

Более существенно вышеуказанное противоречие преодолевается, когда в качестве рентгенопоглощающего наполнителя используют железо - марганцевые конкреции, например, по патенту РФ № 2029399, но и в этом случае снизить общую массу защитного материала по отношению к известным 30 материалам возможно не более, чем на $20 - 45 \%$.

В случае же предлагаемого изобретения регламентация общей массы сегрегированной полидисперсной смеси из частиц рентгенопоглощающего

наполнителя вышеприведенным соотношением позволяет в зависимости от конкретных технических условий при сохранении степени ослабления рентгеновского и гамма-излучения снизить массу известных рентгенопоглощающих наполнителей в защитных материалах от 2-х до 20-ти раз.

Техническим результатом второго варианта изобретения является получение рентгенопоглощающего материала с невысоким процентным содержанием металлосодержащего рентгенопоглощающего наполнителя, обеспечивающим без ухудшения рентгенопоглощающих свойств снижение толщины и массы рентгенопоглощающего материала в целом.

В третьем варианте рентгенопоглощающего материала использование в качестве наполнителя сегрегированной путем перемешивания полидисперсной смеси, включающей частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м, (как было описано выше) обеспечивает у используемого рентгенопоглощающего наполнителя проявление качественно нового эффекта - повышение сечения взаимодействия рентгеновского и гамма-излучения с веществом.

Нанесение сегрегированной полидисперсной смеси из частиц рентгенопоглощающего носителя на промежуточный носитель способствует получению рентгенопоглощающего материала с равномерным распределением тяжелого рентгенопоглощающего металлосодержащего наполнителя в имеющей значительно меньшую плотность, чем материал наполнителя, матрице.

Размещение полидисперсной смеси, включающей частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м, в объеме матрицы, выполненной из отверждающегося при атмосферном давлении по меньшей мере одного компонента или композиции на его основе, исключает (как было описано выше) разрушение образовавшихся при перемешивании энергетических рентгенопоглощающих ансамблей из сегрегированной, полидисперсной смеси частиц рентгенопоглощающего элемента и способствует самоорганизации энергетических рентгенопоглощающих ансамблей.

В качестве промежуточного носителя в третьем варианте может быть использована текстильная основа и минеральное волокно.

Приведенное выше описание вариантов рентгенопоглощающего материала подтверждает возможность осуществления изобретения, т.к. при этом используются средства, известные на дату создания изобретения. Кроме того показано, что совокупность признаков, характеризующих сущность изобретения, является достаточной для решения поставленной задачи.

10 Промышленная применимость.

Вышеописанные варианты изобретения иллюстрируют следующие примеры.

Пример 1. На поверхность матрицы в виде крученой нити из лавсана был нанесен наполнитель в виде сегрегированной путем перемешивания полидисперсной смеси из частиц вольфрама. Для этого нить на 10 мин. помещали в псевдоожиженный (кипящий) под воздействием потока сжатого воздуха слой полидисперсной смеси следующего фракционного состава: 20 мкм - 15%; 45 мкм - 80%; 500 мкм - около 5%; 1000 мкм - 0,01%.

В этих условиях происходит сегрегация частиц путем их самоорганизации во взаимосвязанные энергетические рентгенопоглощающие ансамбли и притягивание их к нити, в результате чего они как бы "привариваются" к ее поверхности. Обработанная таким образом нить приобретает свойства, обеспечивающие аномальное ослабление рентгеновского излучения.

25 Данные эксперимента:

диаметр нити - 0,3 мм;

длина нити - 3200 мм;

вес нити до нанесения механической примеси из вольфрама - 0,110 г;

вес нити после нанесения механической примеси из вольфрама - 0,160 г;

30 прочность нити до нанесения механической примеси из вольфрама - 47 Н,
после нанесения механической примеси из вольфрама - 47 Н.

При этом массовая концентрация ансамблей из частиц вольфрама на поверхности нити составила $0,0017 \text{ г/см}^2$, объем нити - $0,22 \text{ см}^3$, а ее плотность в целом $\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$.

После облучения полученного образца нити потоком квантов с энергией 60 КЭВ и фиксирования результатов на рентгеновской пленке была выполнена денситометрия в сравнении с эталонными свинцовыми пластинками различной толщины (ступенчатый ослабитель от 0,5 мм Pb до 0,5 мм Pb с шагом 0,05 мм Pb). В результате установлено, что рентгенопоглощение нити эквивалентно свинцовой пластинке толщиной 0,1 мм или, соответственно, 0,075 мм W, что свидетельствует об аномально высоких рентгенопоглощающих свойствах нити. При этом в соответствии с формулой изобретения

$$\rho_n = (0,01 - 0,2)\rho_{\text{ч}},$$

где: ρ_n - плотность рентгенопоглощающего материала (в данном случае - нити) в целом;

$\rho_{\text{ч}}$ - плотность материала частиц (в нашем случае - вольфрама) рентгенопоглощающего наполнителя,

имеем:
$$\rho_n / \rho_{\text{ч}} = 0,7 / 19,3 = 0,036.$$

Полученное значение отношения $\rho_n / \rho_{\text{ч}}$ укладывается в диапазон (0,01 - 0,2) согласно формуле изобретения.

Пример 2. На матрице в виде текстильного материала (пальтовый драп) толщиной 0,4 см были зафиксированы сегрегированные полидисперсные частицы вольфрама размером $10^{-9} - 10^{-3}$ м. Сегрегацию и фиксацию частиц вольфрама на текстильной матрице осуществляли методом осаждения из гидрозоля в условиях непрерывного перемешивания последнего в течение 15 минут. Затем образец высушивали при комнатной температуре в течение суток. Последующий рентгенографический контроль (энергия квантов - 60 КЭВ) показал, что рентгенозащитные свойства полученного образца соответствуют таким же свойствам, как и свинцовая пластина толщиной 0,015 см. Этот уровень защиты свидетельствует об аномально высоком ослаблении потока рентгеновского излучения, т.к. указанный уровень защиты при использовании обычных несегрегированных частиц наполнителя требует нанесения на матрицу

100% вольфрама по массе (а не 53% , как в нашем случае). Действительно, согласно изобретению для рассматриваемого примера при толщине образца из текстильного материала (пальтового драпа), равной 0,4 см и массе образца размером $1 \times 1 \text{ см}^2$, равной 0,216 г масса рентгенопоглощающего наполнителя
5 составила 0,116 г, т.е. 53% от общей массы образца. При этом плотность рентгенопоглощающего материала в целом составила:

$$\rho_m = 0,216 / 1 \times 1 \times 0,4 = 0,54 \text{ г/см}^3,$$

а эквивалентная по рентгенопоглощающим свойствам масса вольфрама из несегрегированных частиц составляет:
10 $0,015 \times 0,75 \times 19,3 = 0,217 \text{ г},$
т.е. 100% от массы образца из текстильного материала.

Отсюда очевидно, что соотношение $\rho_m / \rho_n = 0,54 / 19,3 = 0,0279$ соответствует заявляемому диапазону.

Пример 3. В матрицу в виде шарнирной резины марки Ар - 24 ,
15 имеющей следующий состав: С - 84,73%; Н - 9,12%; S - 1,63%; N - 0,58%; Zn - 2,27%; O_2 - 1,69% и объем 100 см^3 был введен рентгенопоглощающий наполнитель в виде полидисперсных частиц вольфрама размером $10^{-9} - 10^{-3} \text{ м}$ в количестве 12% по массе. Частицы вольфрама в составе сырой резины в течение 8 часов подвергалась сегрегации путем перемешивания в миксере. В
20 результате была осуществлена самоорганизация частиц в систему энергопоглощающих ансамблей.

После этого сырая резина с рентгенопоглощающим наполнителем была подвергнута вулканизации без воздействия давления. Последующий рентгенографический контроль (энергия квантов 60 КЭВ) показал, что
25 рентгенозащитные свойства полученного образца резины толщиной 3 мм обладают такими же защитными свойствами , как и свинец толщиной 0,11 мм. Этот уровень защиты свидетельствует об аномально высоком ослаблении потока рентгеновского излучения , так как указанный уровень защиты при использовании несегрегированных частиц наполнителя требует введения в
30 матрицу 0,16 г вольфрама, т.е. 34% по массе (а не 12%, как в нашем случае).

Таким образом, для рассматриваемого примера (толщина образца резины - $\delta = 0,3 \text{ см}$; плотность - $\rho = 1,56 \text{ г/см}^3$; масса образца резины размером

1 x 1 см составляет 0,468 г; общая масса полидисперсных частиц рентгенопоглощающего наполнителя, т.е. 12 % от массы образца резины, - $M=0,056$ г) эквивалентная масса рентгенопоглощающего наполнителя, равная по защитным свойствам массе M , равна $m = 0,16$ г (34% от массы образца резины).

Отсюда очевидно, что соотношение $M/m = 0,056 / 0,16 = 0,35$ входит в заявляемый в формуле изобретения диапазон (0,05 - 0,5), что уменьшает расход наполнителя, снижает массу защитного материала в целом и уменьшает затраты на его производство.

10 **Пример 4.** В матрицу в виде эпоксидной грунтовки марки ЭП-0010 (ГОСТ 28379-89) был введен наполнитель в виде супертонкого базальтового волокна ТК-4, на котором была зафиксирована сегрегированная путем перемешивания в шаровой фарфоровой мельнице полидисперсная смесь из частиц вольфрама размером 10^{-9} - 10^{-3} м. Соотношение массы базальтового
15 волокна к массе вольфрама составляло 1:3. Эпоксидную грунтовку шпателем тщательно перемешивали с подготовленным базальтовым волокном, при этом соотношение массы грунтовки к массе волокна составляло 9:1. После перемешивания и получения однородной массы грунтовку наносили ровным слоем на поверхность картонных пластин и после отверждения в течение суток
20 подвергали тестированию. Рентгенографический контроль образцов (энергия квантов - 60 КЭВ) показал, что при толщине слоя грунтовки, равном 2,06 мм её защитные свойства эквивалентны 0,08 мм Pb, что свидетельствует об аномально высоком ослаблении потока рентгеновского излучения, т.к. указанный уровень защиты при использовании несегрегированных частиц наполнителя требует
25 введения в эпоксидную матрицу 38% вольфрама по массе (а не 7,5% , как в нашем случае).

В рассматриваемом примере ($\delta=2,06$ мм; $\rho=1,46$ г/см³) масса образца грунтовки размером 1 x 1 см² составляет 0,3 г. Общая масса промежуточного носителя с зафиксированными на нем частицами вольфрама составляет 0,03 г
30 (10% от массы образца). При этом масса вольфрама составляет 3/4 от массы наполнителя, т.е. 0,0225 г, что составляет 7,5% от массы образца в целом. При

этом масса вольфрама, эквивалентная свинцу толщиной 0,08 мм, составляет $0,008 \times 0,75 \times 19,3 = 0,1158$ г, что соответствует 38,6% от массы образца.

Пример 5. В матрицу в виде сухого гипса было введено 5% по массе промежуточного носителя в виде измельченных штапельных волокон (отходы камвольно-суконного производства), на которых были зафиксированы сегрегированные путем интенсивного перемешивания в псевдоожигенном слое в течение 20 минут полидисперсные частицы вольфрама размером $10^{-9} - 10^3$ м. Соотношение массы штапельных волокон к массе вольфрама составляло 1:3. Подготовленную таким образом смесь тщательно перемешивали до получения однородной гипсо-волоконистой массы, после чего в нее добавляли воду, снова тщательно перемешивали и с полученной жидкой фазы отливали образцы размером $1 \times 1 \text{ см}^2$ и толщиной 1 см. После высыхания и отверждения образцов их подвергали тестированию (энергия квантов - 60 КЭВ). Рентгенографический контроль с последующим сравнением со ступенчатым свинцовым ослабителем показал, что полученные образцы обладают такими же защитными свойствами, как и пластина свинца толщиной 0,04 см. Этот уровень защиты свидетельствует об аномально высоком ослаблении рентгеновского излучения, т.к. такой же уровень защиты может быть достигнут при использовании несегрегированных частиц наполнителя лишь при содержании частиц вольфрама по массе - 26,32% (а не 3,75%, как в нашем случае). Для рассматриваемого примера (толщина образца из гипса - 1 см, плотность образца - $1,32 \text{ г/см}^3$) масса образца составляет 1,32 г. При этом массовая доля вольфрамовых частиц в образце составляет:

$$1,32 \times 0,05 \times 0,75 = 0,0495 \text{ г,}$$

т.е. 3,75% от общей массы образца. В то же время масса вольфрама, эквивалентная массе свинца толщиной 0,04 см (по результатам рентгенографического контроля) равна $0,04 \times 0,75 \times 19,3 = 0,347$ г, что соответствует 26,32% от массы образца.

Приведенные выше примеры конкретных рентгенопоглощающих материалов (варианты) и способы его получения свидетельствуют о промышленной применимости материалов в указанной области техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Рентгенопоглощающий материал, включающий матрицу с
5 зафиксированным рентгенопоглощающим металлосодержащим наполнителем в
виде дисперсных частиц, отличающийся тем, что в качестве наполнителя
используют сегрегированную путем перемешивания полидисперсную смесь,
включающую частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м, а в качестве матрицы
используют текстильную основу, при этом частицы зафиксированы на
10 поверхности последней, а плотность рентгенопоглощающего материала в целом
при одинаковых его рентгенопоглощающих свойствах с материалом частиц
рентгенопоглощающего наполнителя регламентирована соотношением

$$\rho_n = (0,01 \div 0,20) \rho_{\text{ч}},$$

где: ρ_n - плотность рентгенопоглощающего материала в целом;

15 $\rho_{\text{ч}}$ - плотность материала частиц рентгенопоглощающего наполнителя.

2. Рентгенопоглощающий материал, включающий матрицу с
зафиксированным рентгенопоглощающим металлосодержащим наполнителем в
виде дисперсных частиц, отличающийся тем, что в качестве наполнителя
используют сегрегированную путем перемешивания полидисперсную смесь,
20 включающую частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м, охваченных объемом
матрицы, выполненной из отверждающегося при атмосферном давлении по
меньшей мере одного компонента или композиции на его основе, а общая масса
сегрегированной полидисперсной смеси из частиц рентгенопоглощающего
наполнителя регламентирована соотношением:

25 $M = (0,05 \div 0,5) m,$

где: M - общая масса сегрегированной полидисперсной смеси из частиц
рентгенопоглощающего наполнителя;

m - эквивалентная масса материала рентгенопоглощающего
наполнителя, равная по защитным свойствам массе M .

30 3. Рентгенопоглощающий материал, включающий матрицу с
зафиксированным рентгенопоглощающим металлосодержащим наполнителем в
виде дисперсных частиц, отличающийся тем, что в качестве наполнителя

используют сегрегированную путем перемешивания полидисперсную смесь, включающую частицы металла размером 10^{-9} - 10^{-3} м, зафиксированных на промежуточном носителе, охваченном объемом матрицы, выполненной из отверждающегося при атмосферном давлении по меньшей мере одного компонента или композиции на его основе.

4. Рентгенопоглощающий материал по п.3, отличающийся тем, что в качестве промежуточного носителя используют текстильную основу.

5. Рентгенопоглощающий материал по п.3, отличающийся тем, что в качестве промежуточного носителя используют минеральное волокно.